

СЕКЦИЯ 6. ПОВЕРХНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ: СВОЙСТВА И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Al-Cr-Si-Ti-Cu-N В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА

Березовская В.Р.

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н., Дитенберг И.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г.
Томск

Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова Томского
государственного университета, г. Томск

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск
berezovskaya_v90@mail.ru

С применением методов просвечивающей электронной микроскопии изучено влияние режимов ионно-плазменного синтеза на особенности микроструктуры и фазового состава покрытий системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N. Установлено, что в процессе синтеза образуются сложные многокомпонентные наноструктурные композиты. Выявлено, что использование постоянного типа напряжения смещения обеспечивает формирование нанокристаллитов равноосной формы. Повышение напряжения смещения приводит к увеличению размеров структурных элементов.

В работе [1] предложена концепция конструирования функциональных покрытий, предполагающей самоорганизацию микроструктуры на стадии формирования путем одновременного зарождения островков различных взаимнонерастворимых или малорастворимых фаз. Для дальнейшего развития указанной концепции необходимо выявление особенностей и механизмов зарождения, формирования и роста покрытий такого класса в зависимости от режимов получения и их элементного и фазового состава.

В настоящей работе проведено исследование влияния величины постоянного напряжения смещения на параметры микроструктуры и особенности фазового состава нанокompозитных покрытий системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N.

Покрывтия получены на плазменном магнетронно-дуговом технологическом комплексе «СПРУТ» [2]. В качестве мишеней (катодов) магнетронов использовались Ti (сплав ВТ-1-0), силуминовый сплав Al-Si, сплав из Al-Cr-Si и чистая Cu (99,95 %). Структурные исследования проведены на образцах покрытий, в процессе синтеза которых изменяется

постоянное напряжение смещения: 100 В (I), 200 В (II) и 300 В (III). Изучение особенностей микроструктуры и фазового состава осуществлялось методами просвечивающей электронной микроскопии тонких фольг на приборах Philips CM-30-TWIN (300 кВ) и JEM-2100 (200 кВ).

В процессе исследования установлено, что при одинаковой продолжительности осаждения (180 мин) толщина покрытий в зависимости от режима синтеза составляет: I – 1,5 – 1,6 мкм; II – 1,8 – 2,0 мкм; III – 1,5 – 1,6 мкм.

На рис. 1 представлены темнопольные изображения покрытий I (рис. 1 а) и II (рис. 1 б). Установлено, что характерные размеры структурных элементов, определяемых как области когерентного рассеяния, лежат в интервале от 2 до 6 нм (рис. 1 а). На соответствующей картине микродифракции (рис. 1 а) присутствуют ярко выраженные дифракционные кольца с существенным уширением в радиальном направлении, которые могут свидетельствовать как о наличии нескольких фаз с близкими параметрами решетки, так и о плавном изменении параметров решетки какой-либо из фаз. Помимо этого наиболее близкие к центральному максимуму кольца практически вырождаются в аморфное гало, что свидетельствует о наличии аморфного состояния.

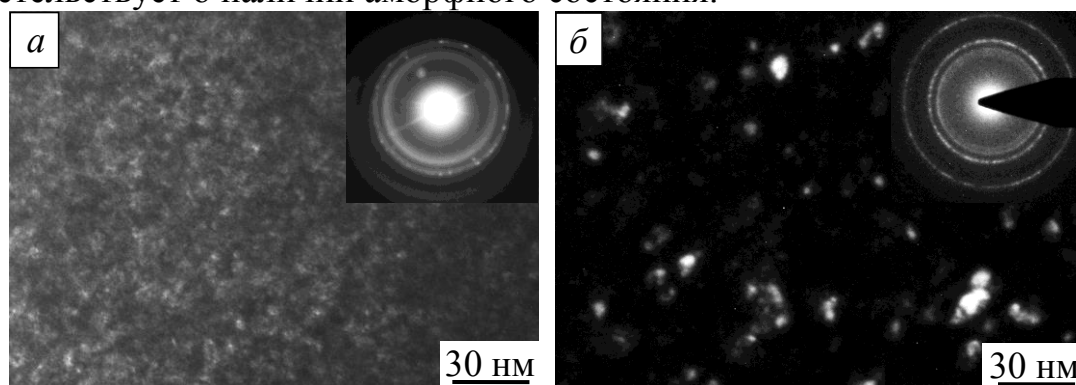


Рис. 1. Темнопольные изображения с соответствующими картинами микродифракции основного объема покрытий, полученных по режимам I (а) и II (б).

Установлено, что характерные размеры областей когерентного рассеяния покрытия II увеличиваются до 4 – 14 нм (рис. 1 б). На соответствующих картинах микродифракции на фоне аморфного гало наблюдаются дискретные дифракционные кольца высокой интенсивности (рис. 1 б).

В результате электронографического анализа установлено, что по совпадению межплоскостных расстояний и с учетом характерного распределения интенсивности соответствующих отражений идентифицируются фазы AlN (ГПУ, $a=3,02 \text{ \AA}$, $c=5,31 \text{ \AA}$), TiN (ГЦК, $4,29 \text{ \AA}$), CuO (моноклинная, $a=4,68 \text{ \AA}$, $b=3,42 \text{ \AA}$, $c=5,13 \text{ \AA}$) для покрытия I (рис. 1 а) и CrN (ГЦК, $4,15 \text{ \AA}$), TiN (ГЦК, $4,24 \text{ \AA}$) для покрытия II (рис. 1 б).

На фоне представленного на рис. 1 а наноструктурного состояния покрытия I встречаются области размерами от 300 нм до 700 нм (рис. 2 а), которые не имеют четких разделительных границ с окружающим структурным состоянием. По сравнению с окружением, в этих участках наблюдается увеличение характерных размеров ОКР, которые лежат в интервале от 2 до 10 нм (рис. 2 б). На картинах микродифракции (рис. 2 б) наблюдаются четкие дифракционные кольца, при этом на фоне аморфного гало появляются дискретные дифракционные кольца слабой интенсивности. По обнаруженным межплоскостными расстояниям и с учетом интенсивности соответствующих отражений возможно наличие следующих фаз: CrN (ГЦК, 4,18 Å), TiN (ГЦК, 4,32 Å) и Cu (ГЦК, 3,61 Å).

Структурное состояние покрытия, полученного по режиму III во многом подобно тому, что наблюдается в обособленных областях покрытия, полученного по режиму I (рис. 2).

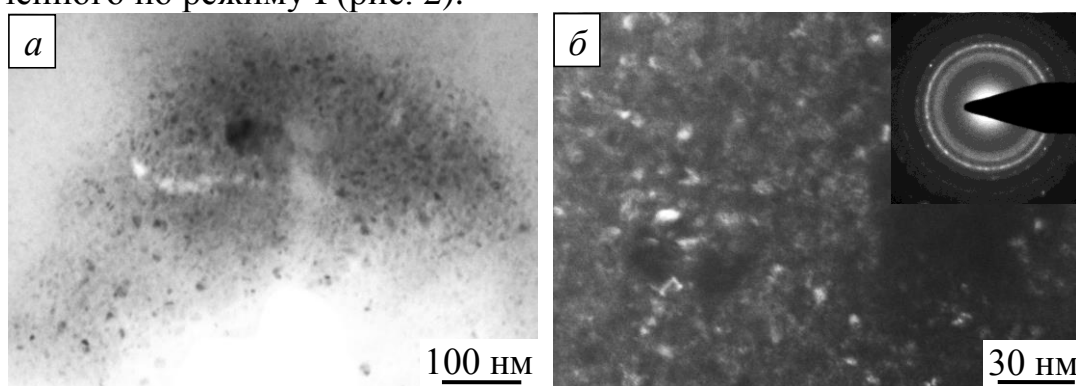


Рис. 2. Микроструктура областей с увеличенным размером структурных элементов покрытия I. а – светлопольное изображение, б – темнопольное изображение с соответствующей картиной микродифракции.

В процессе комплексного анализа установлено, что при использовании указанных режимов синтеза многокомпонентные нанокompозитные покрытия системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N характеризуются структурой с наноразмерными частицами различных фаз, что подтверждает концепцию создания покрытий такого класса [1].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-02-9802 р_сибирь_а. Исследования проведены на оборудовании Томского регионального материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ и центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СО РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Коротаяев А.Д., Борисов Д.П., Мошков В.Ю. и др. // Физическая мезомеханика. – 2011. – Т. 14. – № 5. – С. 87-97.
2. Борисов Д.П., Детистов К.Н., Коротаяев А.Д. и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76. – № 12. – С. 32-36.